

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 1/00			G 0 6 F 15/62	3 3 5
17/20			15/60	6 2 2 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L ( 全 12 頁 )

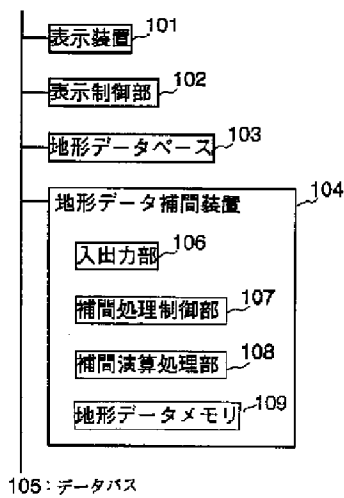
(21) 出願番号	特願平7-261732	(71) 出願人	000000295 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
(22) 出願日	平成 7 年 ( 1995 ) 10 月 9 日	(72) 発明者	安田 真 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 佐々木 宗治 ( 外 3 名 )

(54) 【発明の名称】 地形データ補間装置

(57) 【要約】

【課題】 地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する場合に、補間値に実際の地形の細かな起伏の様子を反映させることができる地形データ補間装置。

【解決手段】 前記高度データのメッシュをメッシュ分割処理によってメッシュサイズを2分割する補間点座標を求め、この各補間点座標に対してそれぞれ直交する位置関係にある最近接点を選定し、次に補間対象の全領域を高度変動の相関の高い領域に分割し、この分割された各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を算出し、この乱数の値を該当領域内における前記補間点の最近接点の高度平均値に加算することにより前記補間点の高度を算出し、さらに、あらかじめ設定された分割回数だけメッシュサイズを再分割して得られた再補間点について上記高度算出処理を繰り返す補間演算処理部 1 0 8 を備えたもの。



本発明の地形データ補間装置を用いた地形データ描画装置の構成例を示す図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する地形データ補間装置において、前記高度データのメッシュをメッシュ分割処理によってメッシュサイズを2分割する補間点座標を求め、この各補間点座標に対してそれぞれ直交する位置関係にある最近接点を選定し、次に補間対象の全領域を高度変動の相関の高い領域に分割し、この分割された各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を算出し、この乱数の値を該当領域内における前記補間点の最近接点の高度平均値に加算することにより前記補間点の高度を算出し、さらに、あらかじめ設定された分割回数だけメッシュサイズを再分割して得られる再補間点について上記高度算出処理を繰り返す補間演算処理手段を備えたことを特徴とする地形データ補間装置。

【請求項2】 地形データを高度変動の相関の高い矩形領域に分割し、各矩形領域の補間をおこなう際に、該当矩形領域に接するかまたは頂点を共有する全矩形領域方向に該当領域を所定メッシュ数分拡張した後、請求項1に記載の補間演算処理をおこない、且つ該当領域の周辺上の補間点の高度データとして、該補間点の最近接点の高度平均値を用いる領域拡張補間処理手段を付加したことを特徴とする請求項1記載の地形データ補間装置。

【請求項3】 地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する地形データ補間装置において、前記高度データのメッシュをメッシュ分割処理によってメッシュサイズを2分割する補間点座標を求め、この各補間点座標に対してそれぞれ直交する位置関係にある最近接点を選定し、該最近接点の高度の分散と等しい分布をもち、且つ前記補間点と最近接点との距離に応じた補正を施した乱数値を計算し、この乱数の値を該当領域内における前記補間点の最近接点の高度平均値に加算することにより前記補間点の高度を算出し、さらに、あらかじめ設定された分割回数だけメッシュサイズを再分割して得られる再補間点について前記高度算出処理を繰り返す補間演算処理手段を備えたことを特徴とする地形データ補間装置。

【請求項4】 地形データが複数の矩形領域の集合体で構成されている場合、各矩形領域の補間をおこなう際に、該当矩形領域に接するかまたは頂点を共有する全矩形領域方向に該当領域を所定メッシュ数分拡張した後、請求項3に記載の補間演算処理をおこない、且つ該当領域の周辺上の補間点の高度データとして、該補間点の最近接点の高度平均値を用いる領域拡張補間処理手段を付加したことを特徴とする請求項3記載の地形データ補間装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する地形デー

タ補間装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、電子媒体を用いて数値的に与えられた地図データをCRT等に表示する地図表示装置が増えてきた。この際、用意できる地図データ（以降、実データとも表記する）の観測地点数、すなわちデータ密度には限りがあるので、表示画面における縮尺比が小さくなると相対的に表示される地図は荒くなる。よって、視覚的により現実味を帯びた地形図を描画するためには、実データの補間が必要になる。この補間方法の公知文献としては例えば、特開平4-107687号公報に示された「地形データ作成装置」がある。

【0003】図19は上記特許公報に示された従来の補間方法の説明図であり、本発明と関係の有る図面のみを抜粋したものである。以下図19を用いて従来の補間方法を説明する。上記特許公報に示された発明においては、図19の(a)及び(b)に示すように、高度データが既知である平面座標上の直交配列集合 $P(i, j)$ （すなわち実データの水平成分。以降はメッシュデータと呼ぶ）から同座標の2分割点 $T(i, j)$ を求め、この $T(i, j)$ から隣接点までの距離に応じた偏差を、フラクタル的計算方法で設定し、これを $P(i, j)$ における高度データ $a$ 、 $c$ の平均値 $(a + c) / 2$ に加えることで補間点 $T(i, j)$ の高度を得ている（この処理を同文献に習って中間点処理と呼ぶ）。この中間点処理は図19の(c)から(d)へと順次繰り返され、最終的に図19の(d)のようになる。この図19の(d)は同図の(a)と比べると、各メッシュが4等分されたことになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の補間方法には以下のような問題点がある。すなわち、例えば図19の(a)の左上のメッシュにおける中間点処理において、 $T(i, j)$ は $P(i, j)$ 、 $P(i, j+1)$ 、 $P(i+1, j)$ 、 $P(i+1, j+1)$ の4点から求めているのに対し、 $T(i, j-1)$ は $P(i, j)$ と $P(i+1, j)$ の2点、 $T(i, j+1)$ は $P(i, j+1)$ と $P(i+1, j+1)$ の2点、 $T(i-1, j)$ は $P(i, j)$ と $P(i, j+1)$ の2点、 $T(i+1, j)$ は $P(i+1, j)$ と $P(i+1, j+1)$ の2点しか用いていない。この結果、後者4点に関しては、その導出に際して1方向の起伏のみしか考慮されておらず、補間値に実際の細かな起伏の模様を反映させることが難しい。また、中間処理に際して高度平均値に加える偏差を次の式(1)によって、

## 【0005】

## 【数1】

$$\text{gauss random} \left[ \frac{a + c}{2} \quad k 2^{-ih} \right] \quad \dots (1)$$

【0006】与えてガウス分布の標準偏差を決める $k$ 、 $h$ なるパラメータを導入しているが、これらパラメータ

の与え方の具体的指針が述べられていない。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る地形データ補間装置は、地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する地形データ補間装置において、前記高度データのメッシュをメッシュ分割処理によってメッシュサイズを2分割する補間点座標を求め、この各補間点座標に対してそれぞれ直交する位置関係にある最近接点を選定し、次に補間対象の全領域を高度変動の相関の高い領域に分割し、この分割された各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を算出し、この乱数の値を該当領域内における前記補間点の最近接点の高度平均値に加算することにより前記補間点の高度を算出し、さらに、あらかじめ設定された分割回数だけメッシュサイズを再分割して得られる再補間点について上記高度算出処理を繰り返す補間演算処理手段を備えたものである。

#### 【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明の地形データ補間装置を用いた地形データ描画装置の構成例を示す図である。図1において、101は地形図の表示装置、102は表示制御部、103は実際の地形データ（実データ）を収めた地形データベース、104は本発明の地形データ補間装置であり、この地形データ補間装置104は、入出力部106、補間処理制御部107、補間演算処理部108及び補間処理に際してデータを一時的に保管する地形データメモリ109からなる。また105は上記各機器101～104を接続するデータバスである。図1において、補間処理を行わない場合は、表示制御部102が地形データベース103からデータを読み出し、表示装置101に表示する。補間処理を行なう場合は、表示制御部102から地形データ補間装置104内の補間処理制御部107に制御が移る。

【0009】補間処理制御部107は、まず、実データと補間データを格納するのに十分な大きさの地形データメモリ109を確保する。例えば、実データが $m \times m$ メッシュからなるときのデータサイズが $Dmm$ （単位は任意）で、補間処理によりメッシュサイズを $1/2$ にする場合、データ量は4倍になるので、地形データメモリサイズとしては $Dmm \times 4$ が必要となる。なお、ここでメッシュサイズの分割回数（もしくは分割後のメッシュサイズ）は適当な入力手段（図示せず）によりあらかじめ指定されているものとする。次に、入出力部106を介して、地形データベース103から補間対象となる実データを読み出し地形データメモリ109に格納する。このときの各データの格納位置は、実データサイズとメッシュ分割回数から適宜決定される。続いて補間演算処理部107は処理フローに従って、地形データメモリ109から必要データを読み出しながら補間処理に伴う演算を行ない、結果として得られた補間データを地形データメモリ109上の適当な位置に書き込む。

【0010】処理フローが終了すると補間処理制御部107は表示制御部102に制御権を戻し描画を実行する。なお、補間時に実データも地形データメモリ109に格納するのは、地形データメモリ109には半導体メモリ、地形データベース103には比較的低速なCD-ROMや磁気メモリ等が用いられるものと仮定しているためであり、速度について考慮する必要がない、もしくは十分な大きさの地形データメモリ109を確保できない場合には、実データを地形データベース103に収めたまま処理を行なうことになる。

【0011】以下、地形データ（即ち3次元データ）の補間方法を説明する。図12は複数の矩形領域から構成される地形図を示す図であり、ここで地形データは、例えば図12のように、ある矩形領域内で与えられるものとする。また一般に、この地形データの水平成分は、領域内外の任意の点を原点としたときの差分値として与えられるが、以下の処理においてこの原点位置に異存する部分はない。

【0012】図2は本発明に係るメッシュ分割方法を説明する図であり、図2の(a)～(d)を用いてメッシュ( $3 \times 3$ )の分割処理過程を説明する。図2の(a)中に[0]として示したものが実データである。まず、各メッシュを構成する矩形中央に補間座標[1]（図2の(b)を参照）を定める。各[1]の仮の高度として、それぞれ最近接[0]点4個の高度データの平均値を用いる。次に、全メッシュからなる矩形領域の辺上で各メッシュを構成する矩形辺の2等分点に補間座標[2]を定める（図2の(c)を参照）。各[2]の仮の高度は、それぞれ最近接[0]点2個と[1]点1個の高度データの平均値を用いる。最後に、全メッシュからなる矩形領域の辺上を除く、各メッシュを構成する矩形の各辺の2等分点に補間座標[3]を定める（図2の(d)を参照）。各[3]の仮の高度は、それぞれ最近接[0]点2個と[1]点2個の高度データの平均値を用いる。こうして得た[1]～[3]の補間点を[0]の実データに足し合わせて再配置すると、メッシュサイズは元のナットの $1/2$ となる。後は、必要な分割数（分割回数）に達するまで上記処理を繰り返せば良い。

【0013】実施形態1. 図3は本発明の実施形態1に係るメッシュ分割処理を含む全補間処理のフローチャートである。なお図のSに続く数字はステップ番号を示す。図3のS301で補間処理が開始されると、S302で実データ{0}が読み出され、次にS303で、各座標点に対してグループ番号と呼ぶ数値を設定する。このグループ番号は実データにおいて高度変動の相関が高い（すなわち、起伏の状態が似通った）領域を区分するためのもので、メッシュ分割後に高度データを求める際に利用する。なおこのグループ番号の設定処理の詳細は図4で説明する。図3のS304では、分割回数の初期値0がセットされ、S305で、分割による補間座標の

設定と該当座標の平均高度の設定が行なわれる。なお、図中では、記号  $\{ \}$  を用いて座標  $[0] \sim [3]$  の全データのセットを表している。メッシュ分割処理は、あらかじめ設定された指定分割回数に達する (S 304 → S 317) か、分割後のメッシュサイズが指定の大きさになるまで繰り返し実施される。

【0014】図4は本発明に係るグルーピング処理方法を説明する図であり、図5は本発明に係る地形データの構造を示す図である。図4の(a)は、グループ番号の設定例を示すものであり、この例では、全領域が、起伏の状態が似通った、0～2の3つの領域に分けられており、図中の点Aは0、1、2、2という4つの領域に共有されている。グループ番号を各座標に割り当てるため、図5に示すようなデータ構造体を用意する。データ構造体は、メッシュ座標  $(x, y)$  (すなわち座標の水平成分)、高度データ  $(h)$ 、及びグループ番号  $(n0(, n1(, n2(, n3)))$  からなる。グループ番号は最大4つまで指定し得るが、これは、矩形メッシュの場合、1頂点は最大4つのメッシュに共有される可能性があるためである。この結果、点Aのグループ番号は(重複する番号を除いて) (0,1,2)、点C、Eは(0,2)と書かれる。

【0015】グループ番号による領域分けは、元のメッシュ形を踏襲したものだけでなく、グループ番号の与え方によって図4の(b)のFGI、FIHに見られるような3角形、もしくは直線のみからなる領域も設定し得る。(BCDEとFGHIの差異は、Cが(0, 2)なのに対してGが(0)であることから生ずる)ただし、後述する高度算出処理において各グループ領域における高度分散値を算出する必要があるため、1つのグループは少なくとも3つ以上の点を含まなければならない。また、領域は必ずしも連続している必要はない。

【0016】図3のS303における、このようなグループ番号の与え方の一例を下記に示す。まず、全領域をデータとして扱い易い適当な大きさの小領域に分割した後、(1)地形を見ながら、直接、各小領域を平野部、\*

\* 山岳部などに大まかにグループ分けしてゆき、(2)全小領域の高度の平均値、分散値とその分布状態の情報を求め、それをもとに自動的にグループ分けしてゆく、などし、さらに各小領域のグループ番号をその小領域内に含まれるメッシュ頂点のグループ番号として継承、設定する、などの方法が考えられる。

【0017】次に、図4の(c)を用いてS306における、メッシュ分割後のグルーピング処理手順について説明する。図4の(c)は同図の(a)の領域BCDEを拡大して示したもので、白丸が元の座標点、黒丸が分割処理で得た座標点である。B、C、Eのグループ番号はそれぞれ、B(02)、C(02)、E(20)、また、これに合わせてDもD(2)ではなくD(22)と書く(句読点は省略)。まず、図4の(c)の中央の補間点cはB、C、D、Eから計算されるので、これら4点のグループ番号を列挙していくと(02022220)となる。この数列中の0と2の数をカウントしながらそれぞれ1対1に対応させていくと2が2個余る。そこでc(22)とする。これがcのグループ番号となる。図4の(c)のbはB、D、cから計算されるので(022222)からb(22)となり、同様に、a(02)、d(02)、e(22)も明らかである。上記処理を図4の(a)のすべての点に対して行なうことで、メッシュ分割後のグルーピングとして同図の(d)を得る。

【0018】グルーピングを終えると、図3のS308～S313における高度算出処理に移る。最初に、あるグループ番号を持つすべての点の高度の分散 $\sigma$ を求める(S308)。次に、分散の大きさが $\sigma$ であるような正規分布に従う乱数を発生させる(S309)。このような乱数系列は、例えばC言語の標準ライブラリとして用意されている整数の1様乱数を用いて、次の式(2)として求められる。ただし、式(2)で $r_i$ は整数1様乱数、Aはその値域、 $n=3$  or 4である。

【0019】

【数2】

$$\text{rand} = \left( \frac{1}{A} \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^n r_i^2 - \sqrt{3n}} \right) \sigma \quad \dots (2)$$

【0020】上記式(2)で求めたrandを分割処理の際に設定した仮の高度データ $h_i$ に加えることで、次の式(3)により新たな高度が計算される(S311)。

$$h = h_i + \text{rand} \quad \dots (3)$$

以上のグルーピング及び高度算出処理は、すべてのグループの(S307 → S315)あらゆる点(S310 → S313)に対して行なわれる。このループ処理の結果、複数のグループ番号をもつ頂点に対しては、最後のグループ番号での高度算出処理結果が適用される。

【0021】次にS316で分割回数を1つ増加し、S317で1つ増加後の分割回数が指定された分割回数に達しているかどうかを判別し、達していない場合は、S

305に戻り、S305～S315の処理を繰り返す。また1つ増加後の分割回数が指定分割回数に達していれば、S318で終了する。なお、本実施形態1の補間演算処理手段に領域拡張補間処理手段を付加した構成は、実施形態3において後述する。

【0022】図6～図11は本発明の実施形態1におけるグルーピングの有無による処理結果の比較を示す図であり、それぞれ補間点をワイヤフレーム表示したものである。図6～図8ではグルーピングを行わず、最近接点の高度平均値と分散値から直接補間点の高度を求めている。図6が4×4メッシュの実データであり、この実データにメッシュ分割を行なって、これを8×8、16

×16と補間していったものが図7、8である。図9は図6の実データのグルーピング例を示す図であり、図6と同一の実データを用いた場合、領域0での高度の分散 $\sigma$ は83.5（単位は任意）、領域1では12.8であった。この図9のグルーピングを用いた補間後のデータを示す図として図10、11を得た。なお、図9の下方が図10、11での手前側に相当する。この図10、11を図7、8と比較すると、起伏の様子がよりはっきりと現れていることが分かる。

【0023】本発明の実施形態1に係る地形データ補間装置によれば、上記のように、地形データの補間値を求める際に互いに直交する位置関係にある最近接点のデータを用いると共に、この最近接点の高度平均値に乱数を加算するに際して、全領域を高度変動の相関の高い領域に分割してその各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を計算してこれをその領域内に含まれる前記補間点に適用するようにした。この結果、実際の地形の起伏を確認しながらこれを反映した補間データを得ることが可能となる。

【0024】実施形態2。図13は本発明の実施形態2に係る補間処理のフローチャートであり、図3の補間処

$$\text{rand} = \left( \frac{1}{A} \sqrt{\frac{1}{12}} \sum_{i=1}^n r_i - \sqrt{3n} \right) \sigma \quad \dots (4)$$

【0027】上記式(4)で求めたrandを、前記補間点の最近接点の高度平均値である仮の高度データ $h_m$ に加えるのであるが、この場合に図14の(a)に示されるような、補間座標[1]とその周囲4つの[0]の距離※

$$h = h_m + \text{rand} \frac{\sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}}{\ell_1 + \ell_2} \quad \dots (5)$$

【0029】このように元の高度の分散を新たに求める乱数分布に反映させ、かつ、補間点と最近接点間の距離を考慮に入れた補正を施すことで、実際の地形の起伏に近いかたちで補間データを得ることができる。以上の処理をすべての[1]に対して行なう。

【0030】S406で、補間座標{2}の設定が行なわれると、S407で補間座標{2}の高度算出を次のように行なう。ある補間座標[2]に対して最も近接

$$h = h_m + \text{rand} \frac{3(\ell_1 + \ell_2)}{4(\sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2} + \ell_1)} \quad \dots (6)$$

【0032】以上の処理をすべての[2]に対して行なう。

【0033】S408で、補間座標{3}の設定が行なわれると、S409で補間座標{3}の高度算出を次のように行なう。ある補間座標[3]に対して最も近接する[0]2個と[1]2個の高度の平均値 $h_m$ 及び分散

※理におけるグルーピング処理(S306)を行なわない別の高度算出処理方法を示すものである。なお、図中における記号{ }は、座標[0]～[3]の全データセットを表している。また図14は図13における高度算出処理方法を説明する図である。

【0025】図13のS401で補間処理が開始されると、S402で実データ{0}が読み出され、S403で分割回数の初期値0がセットされる。S404で、最初のメッシュ分割処理による補間座標{1}が設定されると(図2の(b)を参照)、S405で補間座標{1}の高度算出を行なう。S405においては、ある補間座標[1]に対して最も近接する[0]4個の高度の平均値 $h_m$ 及び分散 $\sigma$ を求める。次に、分散の大きさが $\sigma$ であるような正規分布に従う乱数を発生させる。この乱数系列は、例えばC言語の標準ライブラリとして用意されている整数の一樣乱数を用いて、次の式(4)として求められる。ただし、式(4)で $r_i$ は整数一樣乱数、Aはその値域、 $n=3$  or 4である。

【0026】

【数3】

※の比に応じた補正を施し、[1]の高度は次の式(5)より求める。

【0028】

【数4】

★する[0]2個と[1]1個の高度の平均値 $h_m$ 及び分散 $\sigma$ を求める。以下、randを求める部分までは上記S405と同じであるが、最後の高度を求める際には、図14の(b)に示されるような補間座標[2]とその周囲の[0]及び[1]の距離の比に応じた補正を施し、[2]の高度は次の式(6)より算出する。

【0031】

【数5】

$\sigma$ を求める。以下、randを求める部分までは上記S405と同じであるが、最後に高度を求める際には、図14の(c)に示されるような補間座標[3]とその周囲の[0]及び[1]の距離の比に応じた補正を施し、[3]の高度は次の式(7)より算出する。

【0034】

【数6】

$$h = h_m + \text{rand} \frac{\ell_1 + \ell_2}{2 \sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}} \quad \dots (7)$$

【0035】以上の処理をすべての〔3〕に対して行なう。

【0036】本発明の実施形態2に係る地形データ補間装置によれば、上記のように、地形データの補間値を求める際に互いに直交する位置関係にある最近接点のデータを用いると共に、この最近接点の高度平均値に乱数を加算するに際し、前記最近接点の高度の分散と等しい分布をもつ乱数を用い、かつ、同乱数に対して補間点と最近接点間の距離の比に応じた補正を施したので、実際の地形の起伏に近いかたちで補間データを算出することが可能となる。

【0037】さて上記S405、S407及びS409で述べた方法をそのまま図12における内部矩形領域に適用していった場合、各領域の実データ〔0〕のみを用いるだけでは隣接する領域との境界線における接続をなめらかに行なうことはできない。その理由を図15及び図16の例を用いて以下に示す。図15は本発明に係る内部矩形領域境界近傍でのメッシュ分割方法の説明図であり、図16は本発明に係る領域拡張方法の説明図である。

【0038】図15の(a)は図12でID0、ID1と記した内部矩形領域境界線近傍の様態を表しており、同図の中心線はID0とID1との境界線で、図12における領域境界線(太線)に当たる。この境界線上の点列〔2〕の算出方法は、ID0の領域側から算出する方法とID1の領域側から算出する方法の2通りがある。境界線の両側にそれぞれ欠印があるのは、この2つの領域側からそれぞれ算出できることを示している。図15の(a)の境界線上の点列〔2〕に前記式(6)を適用すると、ID0側から求める仮の高度 $h_a$ は、ID0領域の〔1〕(0)(ここで○内はID番号を示す)と〔0〕から計算されるのに対し、ID1側から求める $h_a$ は〔1〕(1)と〔0〕から計算され、両者は本質的に一致しない。

【0039】そこで本発明の実施形態3及び4においては、このような地形データの補間処理に際して、図16の(a)に示すように、各内部領域の境界を隣接する領域(正確には矩形頂点を共有する領域)にまで拡張し、これを実データとみなして補間処理を行なう(以降、この領域を拡張領域と呼ぶ)。ここで隣接領域への拡張は、所要メッシュ数分だけ拡張させればよいが、図16の例においては、1メッシュ分だけ拡張した場合を示している。

【0040】図16の(a)において、破線で示される領域AはID4を拡張した拡張領域を表し、ID4の補

間に際してはID0～ID3、ID5～ID8のデータの一部が付加される。また、全体領域の周辺に接している内部領域については、当然周辺方向への拡張は行なわれない。図16の(a)におけるID0がこの場合に相当し、拡張後の領域は破線のBようになる。即ちID0の上辺及び左辺に隣接する内部領域はないので、ID0データに付加されるのはID1、ID3、ID4のデータの一部となる。上記のように領域拡張を行なうと図15の(b)は、同図の(b)のようになる。図15の(b)において、ID0からID1に向けて領域拡張を行なった後の境界線が拡張前の境界線の右側の破線であり、逆にID1からID0に向けて領域拡張を行なった後の境界線が拡張前の境界線の左側の破線である。拡張後の境界線はそれぞれ1メッシュ分ずれることになる。

【0041】ここで図16の(a)のBと書いた太破線の矩形領域に注目すると、この矩形の右辺はID0をID1方向に拡張した後の拡張領域の境界線であり、これは図15の(b)における右側の破線と同じものである。さて、領域ID0の周辺上の補間点を求める際に、周辺上および同領域内部の実データのみを用いると、同領域外の高度変動の実データが欠落しているわけであるから、それだけ補間精度が低くなる。そこで領域を適当に数メッシュ分拡張してその部分の実データも取り込み、拡張後の領域に対して改めて補間処理を行なう。

【0042】このとき、元の領域ID0の周辺上でどのように補間が行なわれるかを示しているのが図15の(b)である。図中、〔2〕が周辺上の補間点であるが、その高度が周囲4点のデータの平均値から求められていることが分かる。ただし、境界線上での接続を保証するために、式(7)から乱数項を除いて高度データは次の式(8)と計算する。

$$h = h_a \quad \dots (8)$$

ここで乱数を付加しない平均値を用いるのは、ID1側から〔2〕の高度を求めた際も同じ値となることを保証するためである。

【0043】このような拡張領域を用いて補間を行なうためには、地形データメモリも増加させる必要がある。例えば、実データが $m \times m$ メッシュからなるときの実データ+拡張領域メッシュ数は(全方向に拡張された場合) $(m+2) \times (m+2)$ であり、そのデータサイズを $D_{m+2, m+2}$ (単位は任意)と書けば、補間処理によりメッシュサイズを $1/2$ にするのに要する地形データメモリサイズは最大 $D_{m+2, m+2} \times 4$ となる。

【0044】実施形態3、4. 図17は本発明の実施形態3、4に係る領域拡張処理を含む補間処理のフローチ

ャートである。なおここでは、上記の領域拡張処理を実施形態1に適用したものを実施形態3と称し、実施形態2に適用したものを実施形態4と称することにする。また複数の各内部矩形領域にはID0からID(last)までの番号が与えられているものとする。図17のS501で補間処理が開始されると、S502でID番号の初期値0がセットされる。S503においては、すべてのID(S502～S508のID)に対して各IDに対応した実データ[0]を読み出すとともに、S504では、隣接内部領域の番号IDnを求める。

【0045】続いてS505で、全拡張領域の実データ{0}(IDn)を読み出すのであるが、これは図16の(b)におけるa、b、c、d、e、f、g及びhのように、共有され得る領域部分のデータをポイント等で分割管理することで容易に実現される。S506の補間処理では、図3の実施形態1における補間処理、または図13の実施形態2における補間処理と同一処理を行なうが、該当領域の周辺上の補間点の高度データは、前記式(8)による乱数を付加しない高度平均値を用いる。また内部領域の周辺が全体領域の周辺に一致しない限り、補間座標[2]の設定は不要である。次にS507で、ID番号を1つ増加し、S508で、ID番号がID(last)+1になったかを判別し、なったら終了(S509)し、ならなかったらS503～S508のステップを繰り返す。

【0046】図17における領域拡張処理を実施する実施形態3、4の補間処理を要約すると次の通りとなる。即ち実施形態3においては、地形データを高度変動の相関の高い矩形領域に分割し、各矩形領域の補間を行なう際に、該当矩形領域に接するかまたは頂点を共有する全矩形領域方向に該当領域を所定メッシュ数分拡張した後、実施形態1に記載の補間演算処理を行ない、且つ該当領域の周辺上の補間点の高度データとして、この補間点の最近接点の高度平均値を用いる領域拡張補間処理を含む。また実施形態4においては、地形データが複数の矩形領域の集合体で構成されている場合、各矩形領域の補間を行なう際に、該当矩形領域に接するかまたは頂点を共有する全矩形領域方向に該当領域を所定メッシュ数分拡張した後、実施形態2に記載の補間演算処理を行ない、且つ該当領域の周辺上の補間点の高度データとして、この補間点の最近接点の高度平均値を用いる領域拡張補間処理を含む。

【0047】図18は本発明の実施形態4の補間処理結果を示す図であり、補間結果をワイヤフレーム表示したものである。図18の(a)は補間前で各2×2メッシュの内部矩形領域4つから構成された実データである。この図18の(a)の各領域のメッシュを2分割後補間して4×4のメッシュとし、さらに全領域を合成表示したものが同図の(b)である。

【0048】本発明の実施形態3、4に係る地形データ

補間装置によれば、上記のように、地形データを複数の矩形領域の集合体とした場合に、補間対象領域を拡張して対応することで、領域間の連続性を失うことなく各領域の補間を行なえる。

【0049】以上、実施形態1～4においては、3次元データの補間に関して説明してきたが、本発明は、単純に次数を落すだけで、これを2次元データにも適用し得ることは明らかである。また、メッシュ分割処理方法として、メッシュを構成する矩形の各辺を2等分する方法について述べたが、これを3等分、5等分等に変更し得ることも明らかである。また、高度計算に用いる乱数としては、幾何分布、三角分布、カイ2乗分布、ガンマ分布、ベータ分布、F分布、2項分布等に従うもの等も利用可能である。また、補間点と最近接点間の距離に応じた補正を行なう際の補正值を修正する座標系は、非直交座標系に対しても拡張可能である。

【0050】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、地形をメッシュ構造に分割して与えられた高度データを補間する地形データ補間装置において、前記高度データのメッシュをメッシュ分割処理によってメッシュサイズを2分割する補間点座標を求め、この各補間点座標に対してそれぞれ直交する位置関係にある最近接点を選定し、次に補間対象の全領域を高度変動の相関の高い領域に分割し、この分割された各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を算出し、この乱数の値を該当領域内における前記補間点の最近接点の高度平均値に加算することにより前記補間点の高度を算出し、さらに、あらかじめ設定された分割回数だけメッシュサイズを再分割して得られる再補間点について前上高度算出処理を繰り返す補間演算手段を備えるようにしたので、地形データの補間値を求める際に互いに直交する位置関係にある最近接点のデータを用いると共に、この最近接点の高度平均値に乱数を加算するに際して、全領域を高度変動の相関の高い領域に分割してその各領域における高度分散と等しい分布をもつ乱数を計算してこれをその領域内に含まれる補間点に適用するようにしたことで、実際の地形の起伏を確認しながらこれを反映した補間データを得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の地形データ補間装置を用いた地形データ描画装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明に係るメッシュ分割方法を説明する図である。

【図3】本発明の実施形態1に係るメッシュ分割処理を含む全補間処理のフローチャートである。

【図4】本発明に係るグルーピング処理方法を説明する図である。

【図5】本発明に係る地形データの構造を示す図である。

【図 6】 グループングを用いない場合の実データを示す図である。

【図 7】 グループングを用いない場合の補間後のデータ ( $8 \times 8$ ) を示す図である。

【図 8】 グループングを用いない場合の補間後のデータ ( $16 \times 16$ ) を示す図である。

【図 9】 図 6 の実データのグループング例を示す図である。

【図 10】 グループングを用いた場合の補間後のデータ ( $8 \times 8$ ) を示す図である。

【図 11】 グループングを用いた場合の補間後のデータ ( $16 \times 16$ ) を示す図である。

【図 12】 複数の矩形領域から構成される地形図を示す図である。

【図 13】 本発明の実施形態 2 に係るフローチャートである。

【図 14】 図 13 における高度算出処理方法を説明する図である。

【図 15】 本発明に係る内部矩形領域境界近傍でのメッ

\* シュ分割方法の説明図である。

【図 16】 本発明に係る領域拡張方法の説明図である。

【図 17】 本発明の実施形態 3, 4 に係る補間処理のフローチャートである。

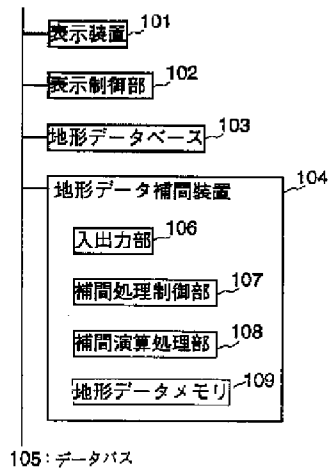
【図 18】 本発明の実施形態 4 の補間処理結果を示す図である。

【図 19】 特許公報に示された従来の補間方法の説明図である。

【符号の説明】

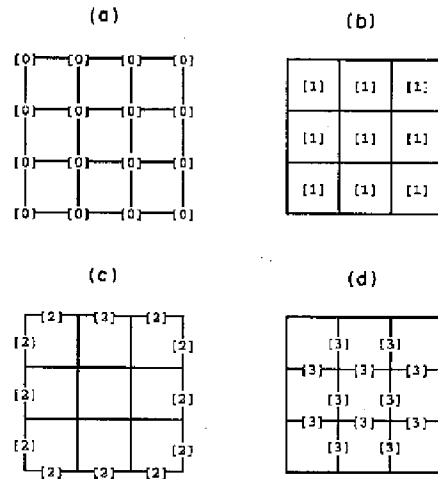
- 101 表示装置  
102 表示制御部  
103 地形データベース  
104 地形データ補間装置  
105 データバス  
106 入出力部  
107 補間処理制御部  
108 補間演算処理部  
109 地形データメモリ

【図 1】



本発明の地形データ補間装置を用いた地形データ描画装置の構成例を示す図

【図 2】



本発明に係るメッシュ分割方法を説明する図

【図 5】

項目	内容
メッシュ座標	x, y
高度データ	h
グループ番号	n0(, n1(, n2(, n3)))

本発明に係る地形データの構成を示す図

【図 9】

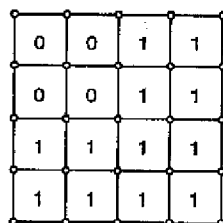
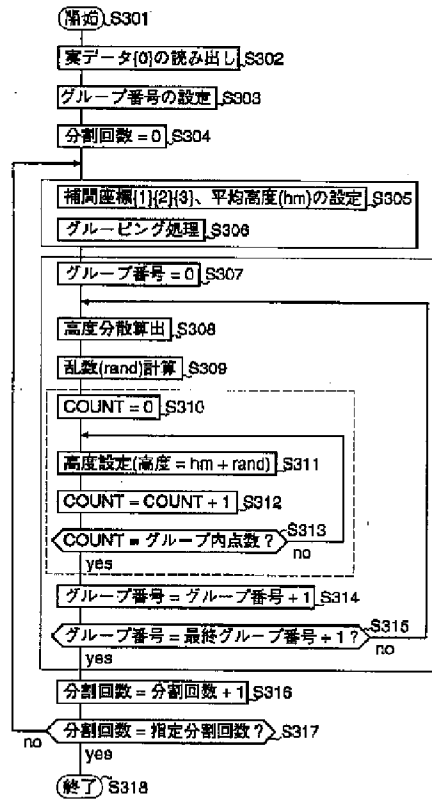


図 6 の実データのグループング例を示す図

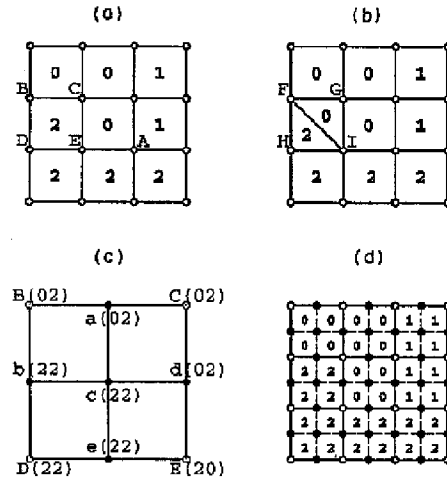


【図3】



本発明の実施形態1に係るメッシュ分割処理を含む補間処理のフローチャート

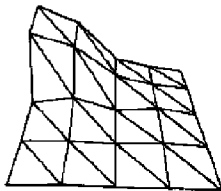
【図4】



本発明に係るグルーピング処理方法を説明する図

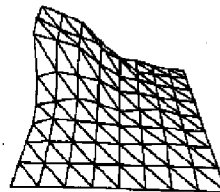
【図6】

(オリジナル4x4メッシュ)



【図7】

(補間後8x8メッシュ)

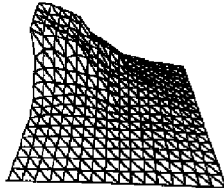


グルーピングを用いない場合の実データを示す図

グルーピングを用いない場合の補間後のデータ(8x8)を示す図

【図8】

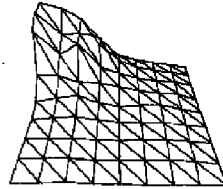
(補間後16×16メッシュ)



グルーピングを用いない場合の補間後のデータ(16×16)を示す図

【図10】

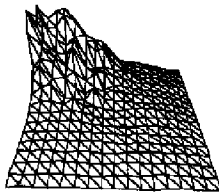
(補間後8×8メッシュ)



グルーピングを用いた場合の補間後のデータ(8×8)を示す図

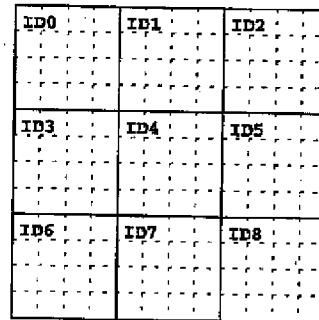
【図11】

(補間後16×16メッシュ)



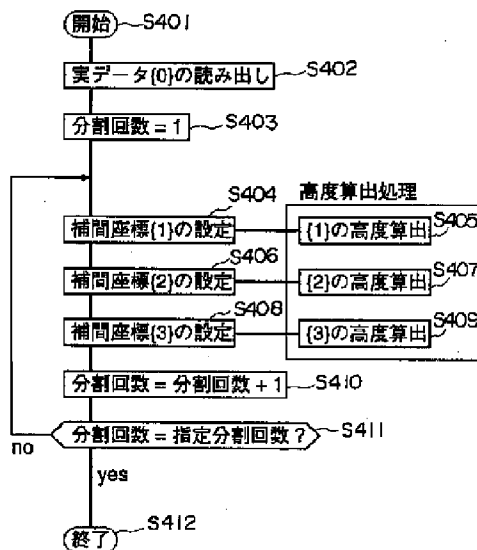
グルーピングを用いた場合の補間後のデータ(16×16)を示す図

【図12】



複数の矩形領域から構成される地形図を示す図

【図13】



本発明の実施形態2に係る補間処理のフローチャート

【図14】

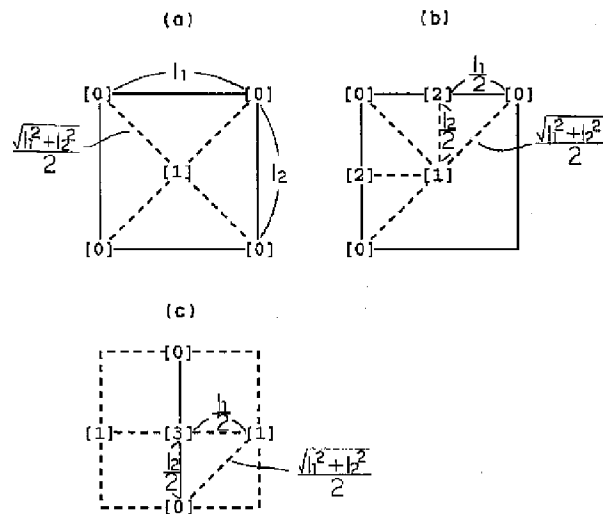
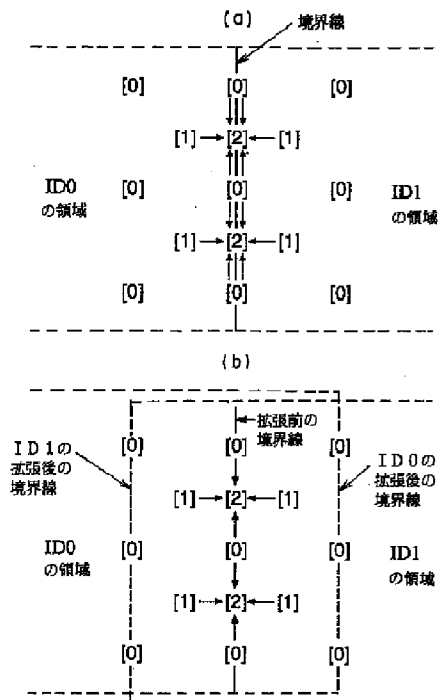


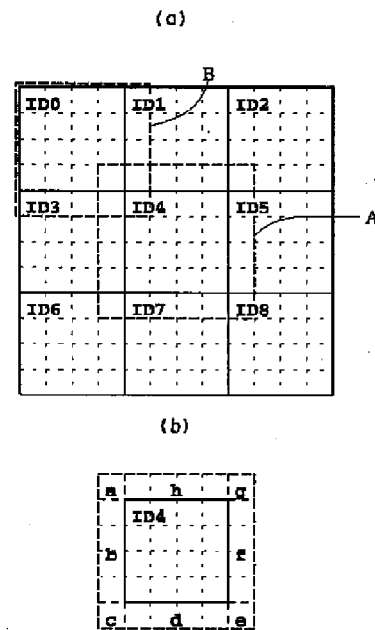
図13における高度算出処理方法を説明する図

【図15】



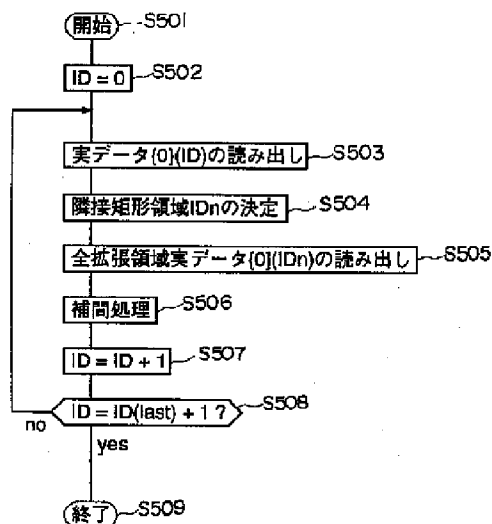
本発明に係る内部矩形領域境界近傍でのメッシュ分割方法の説明図

【図16】



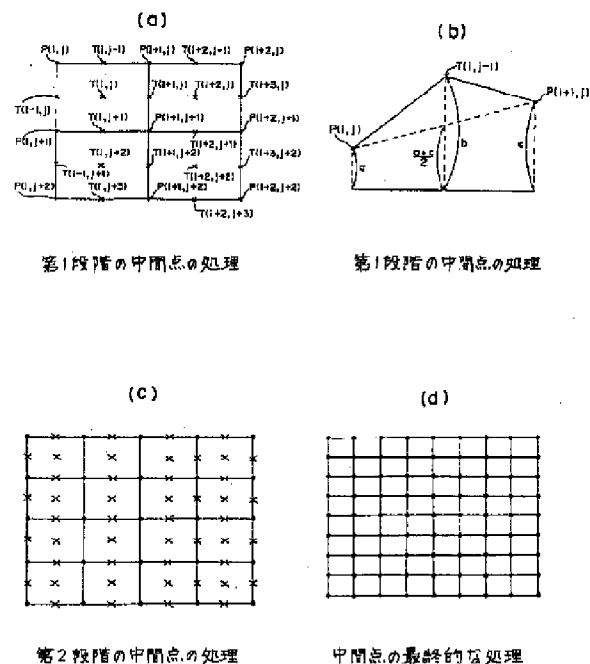
本発明に係る領域拡張方法の説明図

【図17】



本発明の実施形態3, 4に係る補間処理のフローチャート

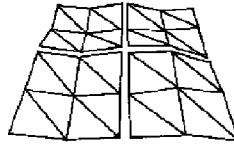
【図19】



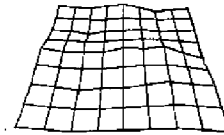
特許公報に示された従来の補間方法の説明図

【図18】

(a) (補間前)



(b) (補間後)



本発明の実施形態4の補間処理結果を示す図